



**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING
AND INFORMATION SCIENCE**



**INFORMATION TECHNOLOGY AND
ELECTRICAL ENGINEERING -
DEVICES AND SYSTEMS,
MATERIALS AND TECHNOLOGIES
FOR THE FUTURE**

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=12391>

Impressum

Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff

Redaktion: Referat Marketing und Studentische
Angelegenheiten
Andrea Schneider

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Susanne Jakob
Dipl.-Ing. Helge Drumm

Redaktionsschluss: 07. Juli 2006

Technische Realisierung (CD-Rom-Ausgabe):
Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau
Dipl.-Ing. Christian Weigel
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
Dipl.-Ing. Helge Drumm

Technische Realisierung (Online-Ausgabe):
Universitätsbibliothek Ilmenau
[ilmedia](#)
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau

Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.
Werner-von-Siemens-Str. 16
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2006

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung der Redaktion strafbar.

ISBN (Druckausgabe): 3-938843-15-2
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-938843-16-0

Startseite / Index:
<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=12391>

Dirk Oschlies, Bernhard Albrecht, Frank Melchior, Diemer de Vries

Arraytechnologie in der objektorientierten Audioproduktion

Einleitung

Die Array-Technologie bietet die Möglichkeit eine konstante Richtwirkung über einen gewünschten Frequenzumfang zu erzeugen. Anwendung in der Akustik findet diese Technologie meist nur in Messtechnik und Sprachübertragung. Wenig untersucht ist hingegen der Einsatz bei der Musikproduktion. Problematisch ist hierbei der geforderte große Frequenzumfang, für den das Array ein konstantes Verhalten bieten soll. [5]

Die mit Mikrophonarrays erreichbare Richtwirkung erlaubt Überlegungen zum Einsatz in realen Audioproduktionsumgebungen, ergänzend zur klassischen Stützmikrophonierung. Außerdem kann das Schallfeld für die objektorientierte Audiowiedergabe (z.B. Wellenfeldsynthese) analysiert werden.

Ausgangspunkt unseres Ansatzes ist ein lineares logarithmisches Array, welches prototypisch an der TU Delft entwickelt wurde [3][4]. Die im Folgenden dargestellte Simulationsumgebung, entwickelt an der TU Ilmenau [1], soll den virtuellen Entwurf eines solchen Arrayaufbaus ermöglichen und den praxisorientierten Einsatz erleichtern. Die grafische Oberfläche trennt die notwendigen Parameter aus den Algorithmen heraus und stellt sie verständlich dar. Tiefergehende Kenntnisse über die interne Arbeitsweise sind nicht notwendig.

Auf Basis der Simulationen ist ein Mikrophonarray an der TU Delft entstanden [2], welches für erste praktische Tests an der TU Ilmenau zum Einsatz kam. Dabei stand neben der Validierung der Simulationen die Bewertung der Auralisation im Vordergrund.

Arbeit mit den Simulationen

Die Simulationen sind derzeit für zwei Anwendungen gedacht. Zum einen wird so der Entwurf eines Mikrophonarrays vereinfacht. Erst wenn alle simulierten Ergebnisse zufrieden stellend sind, ist der Test mit realen Arrays notwendig. Zum anderen können Erfahrungen über die Auswirkung von Fehlern beim Arrayeinsatz gesammelt werden. Die Arraypositionen sowie die angenommene Schallgeschwindigkeit können dazu mit Fehlern belegt werden. Die Bewertung der Simulations- und Auralisationsergebnisse lassen schließlich Rückschlüsse auf die notwendigen Präzisionen zu.

Arrayparameter

Die Zielgrößen beim Entwurf eines Mikrophonarrays sind der Frequenzumfang und die Schärfe der Richtwirkung. Dazu wird der Wellenlängenbereich, sowie die Arrayapertur definiert, die Anzahl und Positionen der Mikrophone und die benötigten Filterkennlinien ergeben sich daraus. Wie gut sich die gewünschten Eigenschaften real umsetzen lassen, hängt jedoch von in der Praxis unvermeidbaren Fehlergrößen ab. Besonderen Einfluss hat die Differenz zwischen geforderten und realisierten Filterkennlinien. Weitere Fehlerquellen sind: ungenaue Mikrophonpositionen sowie eine falsch angenommene Schallgeschwindigkeit.

Simulationsebenen

Die Simulationsumgebung beinhaltet drei Ebenen: Darstellung von Filterkennlinien, frequenzabhängiger Richtwirkung sowie eine Möglichkeit zur Auralisation.

Darstellung der Filterkennlinien

Verschiedene Darstellungsmöglichkeiten erlauben einen umfangreichen Vergleich der theoretischen und der digital realisierten Filterkennlinien und somit Rückschlüsse auf die notwendige und die erreichbare Qualität der hier eingesetzten digitalen Filter (Abb. 1).

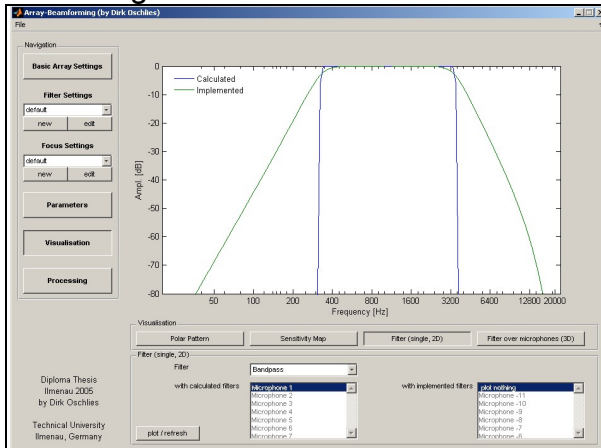


Abb. 1 ideales und reales Tiefpassfilter

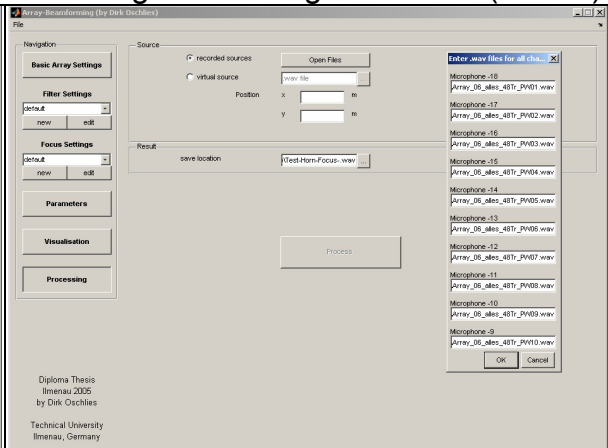


Abb. 2 Auralisation realer Quellen

Visualisierung des Arrayverhaltens

Die wichtigste Arrayeigenschaft ist die Frequenzunabhängigkeit der Richtwirkung. Neben der typischen Darstellung im Polardiagramm (Fernfeldannahme) ermöglicht der Algorithmus die Visualisierung der Empfindlichkeit im Nahfeld (Vgl. Abb. 3), da unter realen Produktionsbedingungen der Quellenabstand für eine Fernfeldbetrachtung nicht ausreicht.

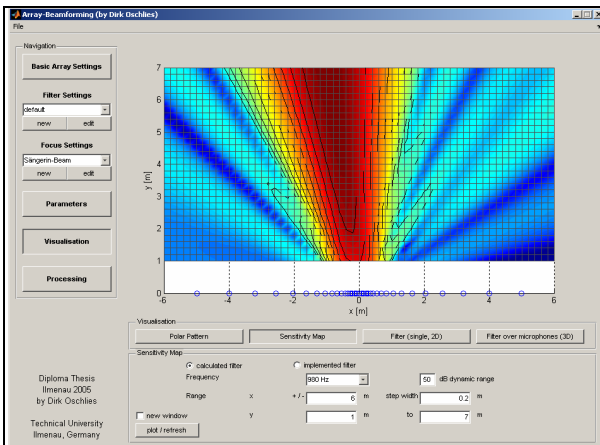


Abb. 3 Empfindlichkeitskarte

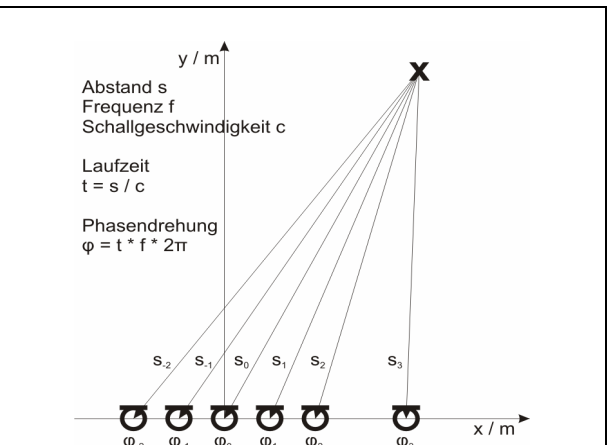


Abb. 4 Empfindlichkeitsberechnung

Die Arrayempfindlichkeit für eine bestimmte Quellenposition wird mit einem komplexen Drehzeiger simuliert (Vgl. Abb. 4). Die Laufzeit von diesem Quellpunkt zu den einzelnen Mikrofonen wird jeweils für eine Frequenz in eine Phasenverschiebung umgerechnet. Die sich ergebenden virtuellen Quellsignale werden mit den Filterübertragungsfaktoren gewichtet und zu einem Summenzeiger aufaddiert. Bei der Berechnung des Polardiagramms werden die virtuellen Punkte quasi ins Unendliche gelegt. Für die Empfindlichkeitskarte sind ein Bereich sowie ein Auflösungsrastrer definierbar. Auch hier ist zum Vergleich der Einsatz der theoretischen und realen Filterkennlinien möglich.

Auralisation virtueller Quellen und realer Aufnahmen

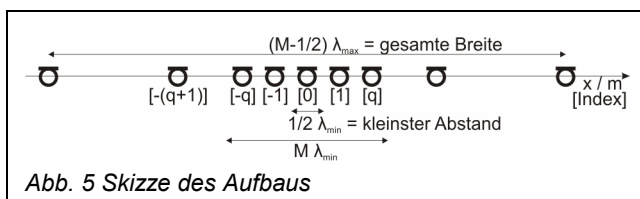
Neben der technischen Betrachtung von Parametern ist der akustische Eindruck entscheidend. Deswegen gibt die Simulationsumgebung die Möglichkeit einzelne Audioquellen virtuell in der Ebene vor dem Array zu platzieren, die Testsignale mit dem Algorithmus zu verarbeiten und hörbar zu machen. Das Ausgabesignal erlaubt somit eine akustische Vorab-Bewertung von Richtwirkung und Übertragungsqualität.

Da diese Berechnung schon mit dem kompletten Algorithmus durchgeführt wird, ist auch eine Verarbeitung realer Arrayaufnahmen möglich (Vgl. Abb. 2).

Um in der verwendeten Softwareumgebung MATLAB beliebig langes Material verarbeiten zu können, muss dieses in Segmente aufgeteilt werden. Dazu werden die Verzögerungszeiten schon beim Auslesen der Audiodaten beachtet. Die Segmente setzen sich dadurch wieder samplegenau aneinander. Unstetigkeiten an den Segmentgrenzen können durch eine Überlappung und anschließendes Crossfading verhindert werden.

Prototypischer Arrayaufbau und Messungen der Richtwirkung

Auf Basis der Simulationen ist an der TU Delft ein prototypischer Arrayaufbau entwickelt worden. Die Arraymaße waren in erster Linie durch den nur begrenzt möglichen Materialeinsatz vorgegeben. Der Aufbau umfasst 31 Mikrophone bei einer Apertur von $M=5,5$. Die kleinste Wellenlänge (λ_{\min}), für die das Array entworfen wurde, beträgt 0,137m, die größte (λ_{\max}) 1,278m (Vgl. Abb. 5). Das entspricht bei einer mittleren Schallgeschwindigkeit von 343m/s einem Frequenzumfang von 268Hz bis 2500Hz.



In einem reflexionsarmen Raum wurde schließlich die Empfindlichkeit des Arrays gemessen. Dabei wurde eine Quelle fest vor dem Array in 5m Abstand unter einem bestimmten Winkel zum Arraymittelpunkt platziert. Die Diagramme stellen die Empfindlichkeit der Beams mit verschiedenen Ausrichtungen gegenüber der Quelle dar (Abb. 6 und Abb. 7). Zum Vergleich ist die simulierte Empfindlichkeit eines Beams mit fester Auslenkung gegenüber verschiedenen Quellen im Fernfeld dargestellt (Abb. 8 und Abb. 9). Die verschiedenen Seitwärtsdämpfungen resultieren aus der Fensterung und den benutzten Filterordnungen. Die Beam-Formen stimmen ansonsten aber gut miteinander überein. Leichte Abweichungen entstehen durch Fehler in den Mikrophonpositionen und den Filterkennlinien.

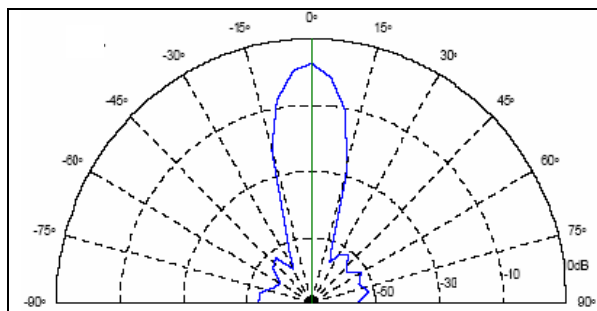


Abb. 6 Gemessene Empfindlichkeit, Quelle bei 0°

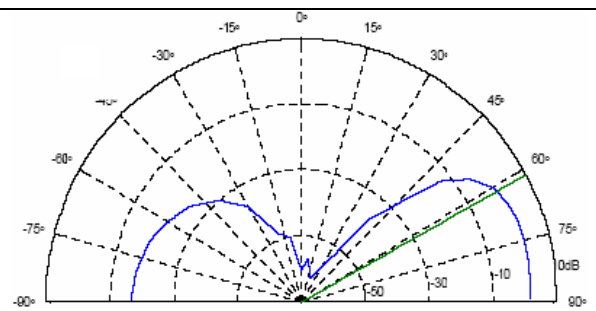


Abb. 7 Gemessene Empfindlichkeit, Quelle bei 61°

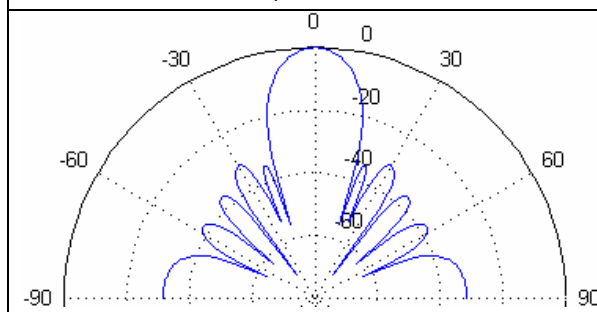


Abb. 8 Berechnete Empfindlichkeit, Beam 0°

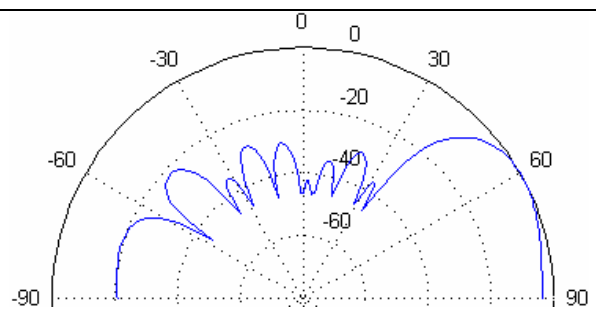


Abb. 9 Berechnete Empfindlichkeit, Beam 61°

Die Verbreiterung der Empfindlichkeit bei starken Auslenkungen entsteht durch Stauung des effektiven Arrays. Bei einem seitlichen Blick auf das Array ist dieses schmaler wodurch auch die Apertur sinkt und damit die Beambreite steigt.

Bei einer weiteren Betrachtung wurde dieses Verhalten über verschiedene Frequenzbänder wiederholt. Die dabei beobachteten Unterschiede resultieren aber aus der Qualität der betriebenen Signalverarbeitung und anderen Randbedingungen (Abstrahlverhalten, Richtcharakteristik der Mikrophone), nicht aus dem Aufbau des Arrays.

Simulationen für den geplanten Einsatz

Delay-and-Sum-Beamformer werden meistens unter der Annahme der Fernfeldsituation eingesetzt. Das Array bildet dabei einen Beam in Richtung der Quelle, welche als soweit entfernt angenommen wird, dass eine ebene Welle am Array eintrifft. In realen Situationen wird aber die Schallquelle nah am Array sein und von daher eine gekrümmte Wellenfront eintreffen. Simulationen mit einer virtuellen Quelle haben bestätigt, dass eine Fokussierung auf die Quelle deutliche Qualitätsvorteile bringt. Im Wesentlichen werden so Kammfiltereffekte vermieden, welche sich negativ auf die Klangqualität auswirken. Bei einer Fokussierung treten aber andere Randeffekte durch die Arraykrümmung hervor. So erreicht man zwar eine deutlich gesteigerte Trennung um den Fokuspunkt, gleichzeitig aber verbreitert sich der empfindliche Bereich hinter diesem Punkt deutlich, jeweils im Vergleich zu einem Beam.

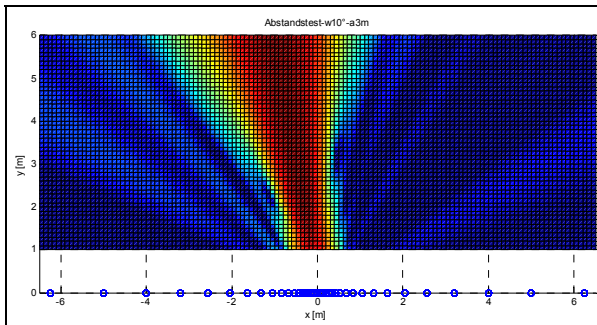


Abb. 10 Focus, 1 kHz, Winkel 10°, Entfernung 3m

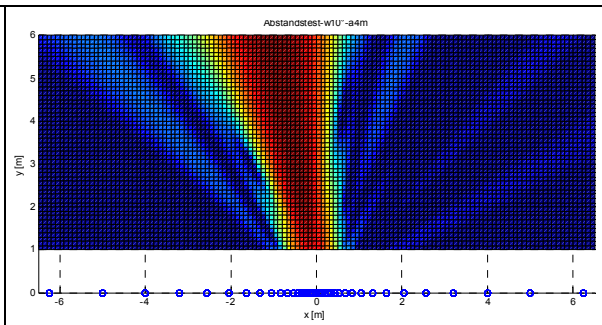


Abb. 11 Focus, 1 kHz, Winkel 10°, Entfernung 4m

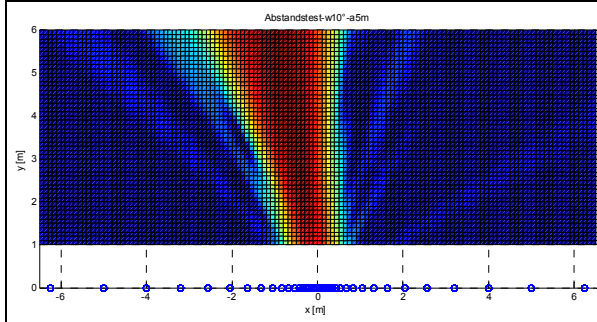
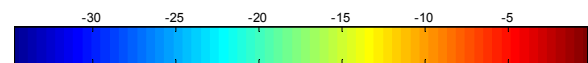


Abb. 12 Focus, 1 kHz, Winkel 10°, Entfernung 5m



Empfindlichkeit in dB

Mehrere Simulationen haben gezeigt, dass für die zu erwartende Aufnahmesituation mit dem vorliegenden Array ein Abstand von 4m (Vgl. Abb. 11) am Besten erscheint. Bei näheren Fokuspunkten (Vgl. Abb. 10) war die Fokussierung durch die Randeffekte zu schlecht, bei weiter entfernten Punkten (Vgl. Abb. 12) wurde die Breite des empfindlichen Bereichs um die Quelle zu groß.

Experimentelle Musikaufnahme

Die dargestellten Ergebnisse schaffen eine Basis für den Entwurf eines Mikrofonarrays für Musikaufnahmen. Eine erster Praxistest fand im Rahmen einer Lehrveranstaltung an der TU Ilmenau statt. Ziel hierbei war, die Mikrofonarraytechnologie in realer Musikproduktionsumgebung zu validieren. Dazu wurde im Audimax der TU Ilmenau die Musikaufnahme eines Kammersextetts geplant und realisiert. Das Ensemble „On the Fritz“, stilistisch angesiedelt zwischen Chanson und Kammermusik, spielte in der Besetzung: Gitarre, Cello, Horn, Tuba, Mandoline, Gesang.



Abb. 13 Aufstellung Ensemble „On the Fritz“



Abb. 14 Mikrofonarray

Diese sehr unhomogene Besetzung war ein Grund für Wahl dieses Ensembles, da durch die deutlich in der Klangfarbe voneinander abweichenden Einzelinstrumente eine subjektive Trennung der Instrumente auch ohne Hörerfahrung leicht möglich ist. Komplexe Mischklänge und Klangverdeckungen sind bei dieser Besetzung selten realisierbar. Somit bot das Ensemble gute Voraussetzungen, die Idee und den Algorithmus detailliert in der Praxis zu testen, ohne die Problematik der Klangquellenseparation aus einer komplexen Schallquelle (z.B. einem Sinfonieorchester).

Das Audimax der TU Ilmenau bot sich als Aufnahmeraum an, vor allem weil die akustischen Eigenschaften des Raumes (V ca. 5400 m^3 , $T_N = 0,7-1,1 \text{ s}$ zu hohen Frequenzen hin ansteigend) ihn für kammermusikalische Werke als gut geeignet ausweisen.

Mit Hilfe des Simulationsalgorithmus wurden die Arrayabmessungen und –positionen festgelegt. Anhaltspunkt war dabei das Optimum für die Fokussierung einer Schallquelle. Die Entscheidung fiel somit auf eine mittlere Entfernung des Arraymittelpunktes zum Ensemble von 4 m . Die Arrayapertur war mit $5,5$ festgelegt, es wurden jedoch abweichend von der ersten Planung 37 Earthworks E30 Mikrophone (Druckempfänger), statt 31 eingesetzt. Die untere Grenzfrequenz, in der das Array Richtwirkung besaß, betrug damit – bei gegebener Schallgeschwindigkeit von 343 m/s – 137 Hz , die obere blieb bei 2500 Hz (Vgl. Abb. 15, Abb. 16 und Abb. 17).

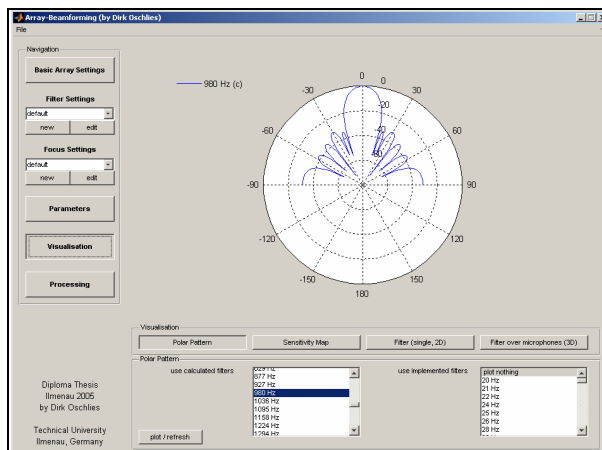


Abb. 15 Richtwirkung bei gewählter Apertur von 5,5

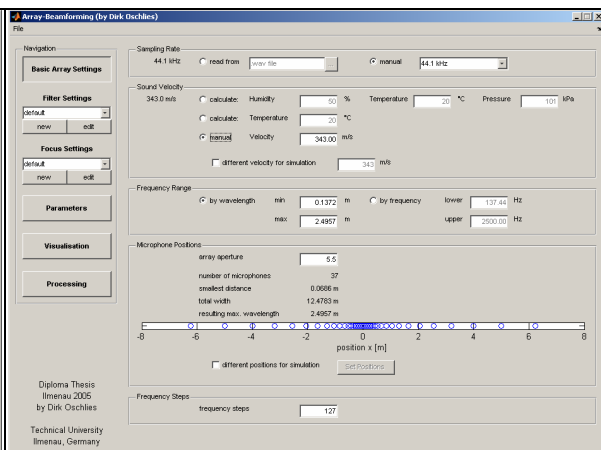


Abb. 16 Grundeinstellungen des Mikrophonarrays

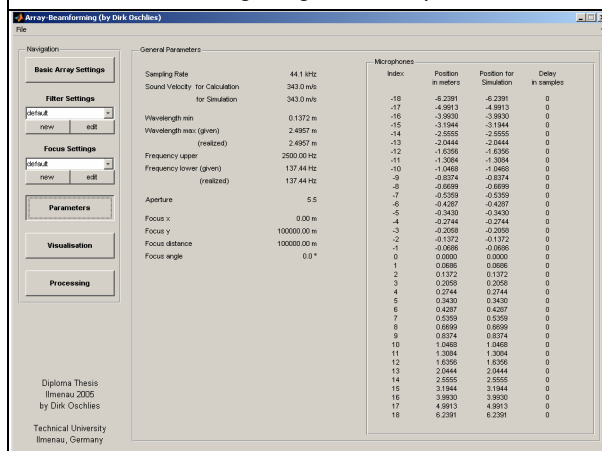


Abb. 17 Überblick Arrayparameter

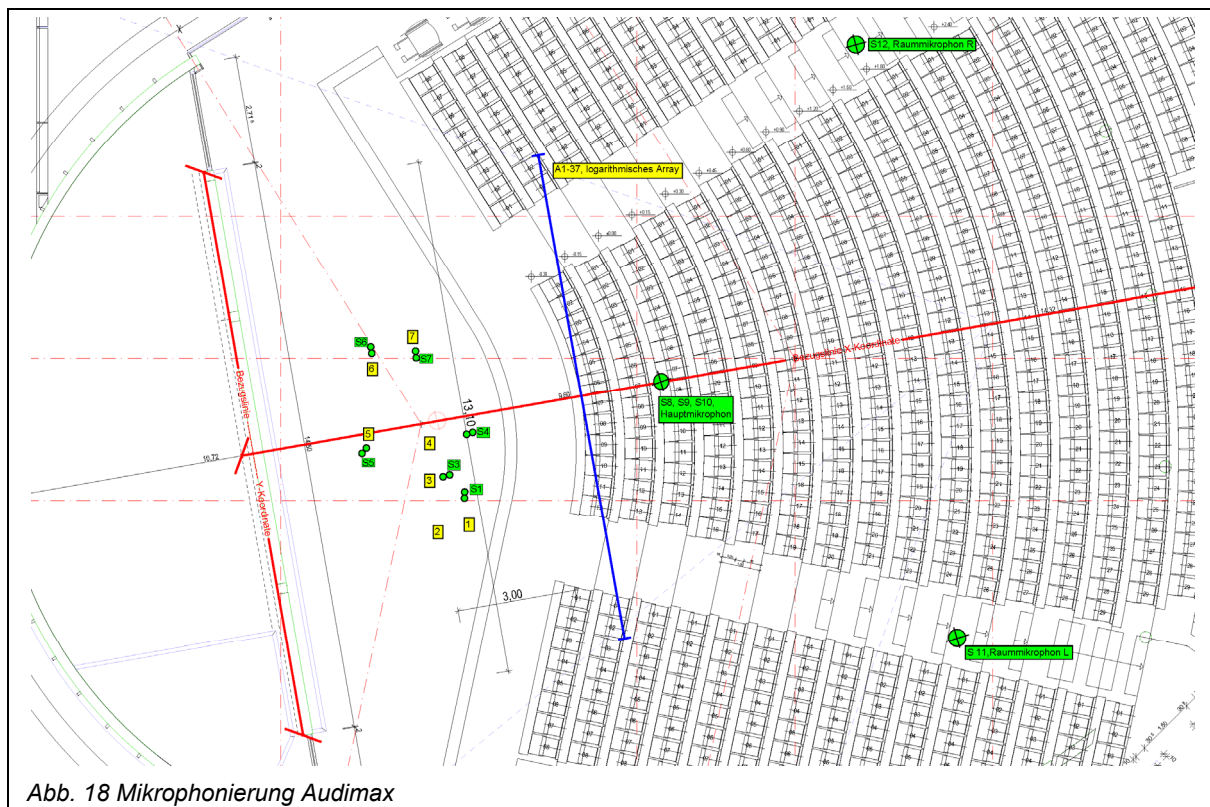


Abb. 18 Mikrophonierung Audimax

Tab. 1 Mikrofonpositionen Audimax

Nr.	Instrument	Mikrofon (Typ, Richtcharakteristik)	Entfernung von Rückwand in m	Entfernung von Mittellinie in m	Höhe über Bühne in m
1	Gitarre	-	5,01	-2,72	-
S1	%	Gitarrenstütze (MKH 800, Acht)	5,07	-1,96	0,88
2	Gitarrenverstärker	-	4,24	2,80	-
3	Cello	-	4,30	-1,42	-
S3	%	Cellostütze (MKH 800, Acht)	4,70	-1,4	1,42
4	Gesang	-	4,45	-0,53	-
S4	%	Gesangsstütze (MKH 800, Acht)	5,31	-0,42	1,33
5	Horn	-	2,97	0,00	-
S5	%	Hornstütze (MKH 800, Acht)	2,81	-0,41	1,57
6	Tuba	-	3,36	1,68	-
S6	%	Tubastütze (MKH 800, Acht)	3,400	2,07	1,97
7	Mandoline	-	4,5	2,19	-
S7	%	Mandolinstütze (MKH 800, Acht)	4,48	1,77	0,91
S8 - 10	L, C, R	Hauptmikrofon (MKH 800, Niere)	10,49	0,00	3,65
S11	SL	Raummikrofon (MKH 800, Kugel)	16,54	-7,63	5,56
S12	SR	Raummikrofon (MKH 800, Kugel)	16,54	7,63	5,56
A 1-37	Log. Array	Array (Earthworks E30, Kugel)	8,43	-6,24 bis 6,24	1,60

Parallel zum Mikrofonarray wurde das Ensemble mit einem LCR-Hauptmikrofon (MKH 800, Niere, Basis 180cm, C + 25cm, resultierender Aufnahmewinkel +/- 60°, Abstand 6m, Höhe 3,65m), 2 Raummikrofonen (MKH 800, Kugel, Basis 5,30m, Abstand 12m, Höhe 5,56m) und Stützen für alle Instrumente (MKH 800, Acht) mikrofoniert (Vgl. Abb. 13, Abb. 18 und Tab. 1). Die Mikrophonsignale wurden mit jeweils 3 RME Octamic bzw. Behringer ADA 8000 verstärkt und digitalisiert. Aufgezeichnet wurden die 48 Spuren mit 24 Bit Auflösung und 44,1 kHz Abtastrate auf zwei samplesynchron laufenden Tascam MX2424 (Vgl. Abb. 20). Alle zum Array gehörenden Mikrophone wurden bei 1kHz/114 dB SPL auf -2 dBFS kalibriert (Vgl. Abb. 19).



Abb. 19 Kalibrierung Mikrofonarray



Abb. 20 Aufnahmetechnik

Hörvergleich

Im Anschluss an die Musikaufnahmen konnte im Hörlabor der TU Ilmenau ein erster subjektiver Eindruck über die technische und „musikalische“ Qualität des Arrayaufbaus und das Arrayprocessing gewonnen werden. Grundlage der Aussagen ist hierbei eine Zusammenfassung von subjektiven Einzelmeinungen der Teilnehmer der Praxiswerkstatt „Raumakustik und Arraytechnologie“ an der TU Ilmenau im SS 2006. Ein entsprechend statistisch relevanter Hörvergleich wurde noch nicht durchgeführt.

Ausgewertet und analysiert wurde eine ca. 50s lange musikalische Phrase, die sowohl einzelne Instrumente in freistehenden Stimmen, als auch im überlagerten Gesamtklang enthielt. Der Schwerpunkt lag auf der Analyse des Gesangs. Das entsprechende Beamforming-Signal und das fokussierte Signal wurden jeweils untereinander und mit dem

Einzelsignal des Arraymikrophons auf der X-Achse ($X = 0,00\text{m}$, Arraymikrofon 19) verglichen. Die Arraysignale wurden sowohl breitbandig und damit von der Theorie ausgehend nicht korrekt (da $f_g = 2500\text{ Hz}$), als auch bandbegrenzt abgehört. Abgehört wurden die monophonen Einzelsignale auf einem Regielautsprecher (RL 900).

Fokus vers. Beamforming:

Beim direkten Klangvergleich fiel die Entscheidung, welcher Algorithmus genutzt werden sollte, wie auch schon in den Simulationen, zugunsten der Fokussierungsoption aus. Die Kammfiltereffekte beim reinen Beamforming waren klanglich relevanter als der Nachteil der Fokussierung, hinter dem Fokuspunkt eine erweiterte Fläche hoher Empfindlichkeit zu generieren. Außerdem gelang es im konkreten Fall mit der Fokussierungsoption die Raumannteile im Signal stärker zu reduzieren als beim Beamforming. Die Ensemblegröße und –aufstellung (fehlende Tiefenstaffelung) ermöglichte in diesem Fall natürlich den unproblematischen Einsatz der Fokussierungsoption zur Schallquellenseparation.

Subjektive Kanaltrennung des Arrays und Aliasartefakte

Nur in einem Frequenzbereich von $f_{gu}=137\text{ Hz}$ bis $f_{go}=2500\text{ Hz}$ liefert das Array bei gegebener Apertur von 5,5 theoretisch korrekte Ergebnisse. Dieser Bereich ist für die Verwendung der Signale im Kontext einer Musikproduktion nicht ausreichend. Im direkten Hörvergleich von bandbegrenztem und nicht-bandbegrenztem Signal bestätigte sich dies. Somit wurde das nicht-bandbegrenzte fokussierte Signal favorisiert. Die mit steigender Frequenz zunehmenden Artefakte durch räumliches Aliasing (Vgl. Abb. 21 - Abb. 26, wurden hierbei hörbar, waren aber erst ab der zweifachen f_{go} wirklich relevant (Vgl. Abb. 24). Durch das räumliche Aliasing kommt es zur Ausbildung von Nebenmaxima und somit zu frequenzabhängigem Übersprechen anderer Instrumente in das gewünschte Signal. Vor allem im tiefen ($f < 137\text{ Hz}$) und im hohen ($f > 5000\text{ Hz}$) Frequenzbereich ist eine Schallquellenseparation somit nur schlecht möglich.

Es kommt z.B. bei der Fokussierung auf die Sängerin zu Übersprechen der Tuba im tief-frequenten Grundtonbereich, sowie von Mandoline und Cello im hochfrequenten Ober-tonbereich, d.h. hier vor allem der geräuschhaften spektralen Anteile des jeweiligen Instrumentenklangs, also Bogen- und Anregungsgeräuschen.

Dieses Klangergebnis unterscheidet sich somit deutlich von dem mit klassischer Stütz-mikrophonierung erreichbaren, da dort mit steigender Frequenz die Richtwirkung der verwendeten Einzelmikrophone zunimmt, wodurch sich das Übersprechen im hohen Frequenzbereich verringert.

Durch den Einsatz eines Bandpass können diese Artefakte vermieden werden, die Eck-frequenzen sollten aber durch subjektive Hörbeurteilung festgelegt werden und nicht durch die theoretischen Vorgaben. Eine Variation vor allem von f_{go} ist, je nach Signal und Ensembleaufstellung zwischen 1 bis 4-facher theoretischer f_{go} sinnvoll. Die subjektive Kanaltrennung, die durch das Array realisiert werden konnte, ist auch bei einer f_{go} von 10 kHz noch deutlich feststellbar und könnte z.B. durch eine Vergrößerung der Apertur noch verbessert werden.

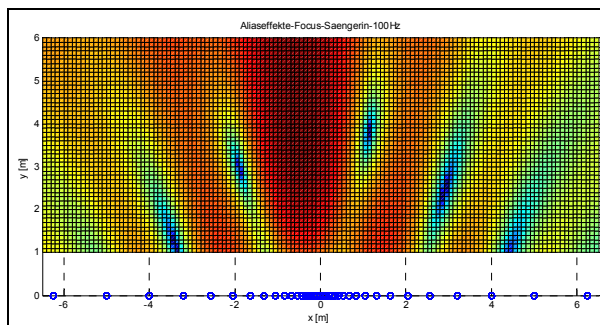


Abb. 21 Aliasing, Focus Sängerin, 100 Hz

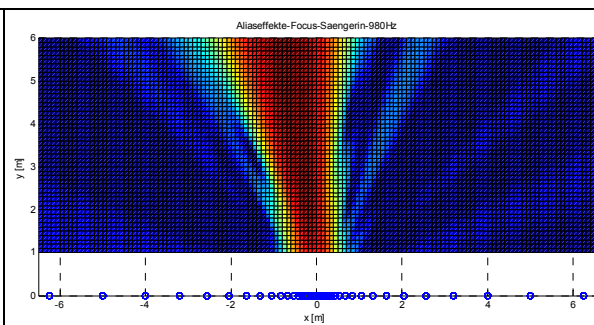


Abb. 22 Aliasing, Focus Sängerin, 980 Hz

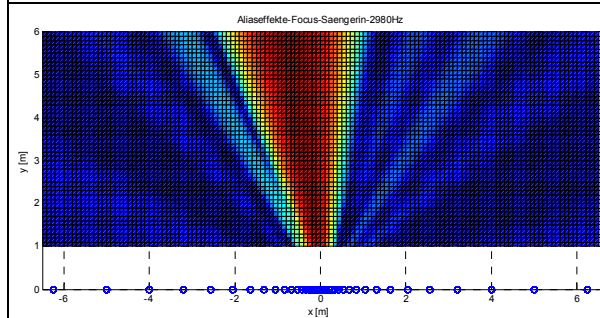


Abb. 23 Aliasing, Focus Sängerin, 2980 Hz

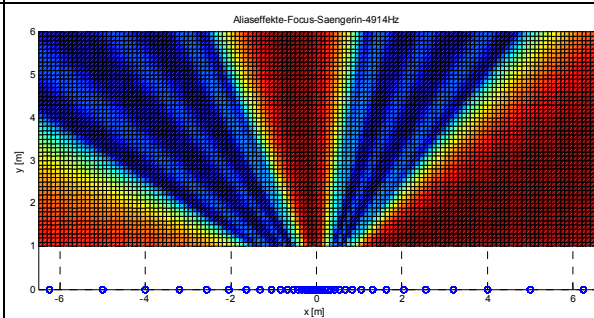


Abb. 24 Aliasing, Focus Sängerin, 4914 Hz

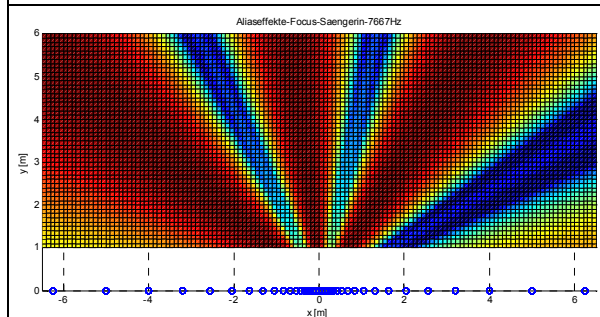


Abb. 25 Aliasing, Focus Sängerin, 7667 Hz

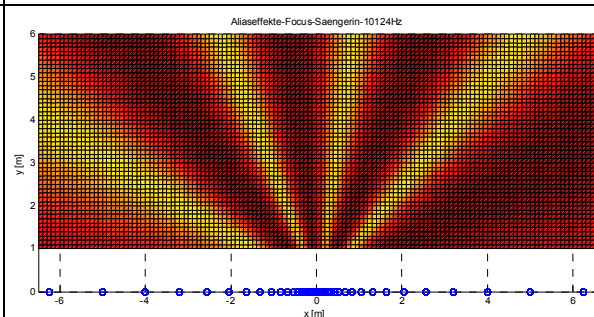
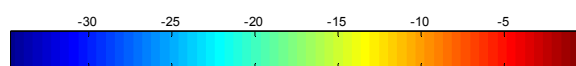


Abb. 26 Aliasing, Focus Sängerin, 10124 Hz



Empfindlichkeit in dB

Abstrahlcharakteristik der Quelle

Die „klassische“ Stützmikrophonierung berücksichtigt bei der Mikrofonpositionierung die Abstrahlcharakteristik des Einzelinstruments. Somit wird oft nicht von vorne mikrophoniert, sondern eine Position favorisiert, in der das Instrumentensignal auch im Nahbereich spektral möglichst homogen zusammengesetzt ist. Da der Mikrofonarray-einsatz nur die Möglichkeit bietet, die Quelle aus einer Richtung zu erfassen, ist hier das Klangergebnis, je nach Instrument deutlich verschieden von dem des Stützmikrophons in Quellennähe und ein direkter Vergleich schwer.

Ausblick

Zusammenfassend kann man feststellen, dass mit dem fokussierten Array gegenüber einem Einzelmikrofon in selber Entfernung eine hohe Quellenseparation möglich ist. Der Algorithmus ist sehr funktionell bei Planung und Postprocessing der realisierten Musikaufnahme einsetzbar, die erreichte Algorithmusqualität ist für den angestrebten Stützmikrophonersatz ausreichend.

Der direkte Vergleich von fokussiertem Arraysignal und entsprechendem Instrumentenstützmikrofon im Ensemble ist derzeit nicht in jedem Fall sinnvoll, hier sollen weitere Untersuchungen mit einer größeren Variation der Parameter zu detaillierter Aussagen führen. Die wichtigsten Größen hierbei müssen sein: Frequenzgang, Arrayposition und –abmessungen, Ensemblegröße und –struktur. Weiterhin soll untersucht werden, wie die durch Quellenseparation gewonnenen Signale in eine fertige Mischung integriert werden können.

Referenzen:

- [1] D. Oschlies: Diplomarbeit „Array-Beamforming“, Technische Universität Ilmenau, 2005
- [2] P. Brandt: B.Sc. Thesis „Making Recordings with a Logarithmic Microphone Array“, Delft University of Technology, 2006
- [3] M. van der Wal: M.Sc. Thesis „Design of a constant directivity microphone array“, Delft University of Technology, 1995
- [4] P. Vogel: Dissertation „Application of wave field synthesis in room acoustics“, Delft University of Technology, 1993
- [5] M. Brandstein, D. Ward (Herausgeber): „Microphone Arrays – Signal Processing Techniques and Applications“, Springer Verlag, Berlin, 2001

Autoren:

Dirk Oschlies
Technische Universität Ilmenau
Max-Planck-Ring 14
98693 Ilmenau
Deutschland
oschlies@gmx.net

Bernhard Albrecht
Technische Universität Ilmenau
Max-Planck-Ring 14
98693 Ilmenau
Deutschland
bernhard.albrecht@tu-ilmenau.de

Frank Melchior
Fraunhofer Institut für Digitale Medientechnologie
Langewiesener Straße 22
98693 Ilmenau
Deutschland
mor@idmt.fraunhofer.de

Diemer de Vries
Delft University of Technology
P.O.B.5046
2600 GA Delft
Niederlande
diemer@akst.tn.tudelft.nl